مجلة العلوم الزراعية العراقية - 37 (4) : 101 - 108 ، 2006 جواد

استخدام بعض مخلفات الصناعات الغذائية في إزالة العناصر المعدنية من مياه الصرف الصناعية

عصام مصطفى جواد
قسم علوم الأغذية والتقانات الاحيائية – كلية الزراعة – جامعة بغداد

المستخلص

تم اختبار قابلية مخلفات معامل الدبس (النوى وبثل التمر) ومخلفات معامل معجون الطماطة (بذور وقشور) في ازالة بعض العناصر المعدنية الثقيلة كالرصاص والكروم والكادميوم والزنك الموجودة في المحاليل القياسية ونماذج من مياه الصرف الصناعية لمعمل الجلود .

اشارت النتائج الى ان كفاءة ازالة العناصر المعدنية الثقيلة (الحديد والنحاس والكروم والرصاص والزنك والكادميوم) من محاليلها القياسية عند استخدام مسحوق نوى التمر كانت كالاتي : 68.8% و 79.3% و 88.9% و 90% و 91.58 و 92.2% على التوالي . وكانت كفاءة ازالة العناصر الثقيلة من مياه الصرف السائلة لمعمل الجلود باستخدام مسحوق نوى التمر كما يلي : 99.9% ، 54.1% ، 52.4% و 62.5% لكل من الكروم والرصاص والحديد والزنك على التوالي . كما حقق استعمال مسحوق بثل التمر نسب ازالة مقدارها 99.9% و 51.7% و 40.9% و 40% فيما حقق مسحوق بذور وقشور الطماطة نسب ازالة مقدارها 98% ، 49.3% و 55.9% و 45% للعناصر المذكورة اعلاه على التوالي في نماذج من مياه الصرف لمعمل الجلود.

كما اشارت النتائج ان زيادة الاس الهيدروجيني في المحاليل القياسية والمخلفات السائلة يؤثر بشكل ملحوظ على كفاءة الازالة كما ان كل من درجة الحرارة ونسبة المسحوق المضاف له تأثير ايضاً .

The Iraqi Journal of Agricultural Sciences, 37(4) : 101 – 108, 2006 Jawad

USING SOLID WASTE OF SOME FOOD FACTORIES TO REMOVE HEAVY METALS FROM THE INDUSTRIAL WASTE WATER

Isam M. Jawad
Dept. of Food Sciences - College of Agriculture - Univ. of Baghdad

ABSTRACT

The solid waste of some food factories such as dates syrups, tomato paste were used to remove heavy metals like Pb, Cr , Cd , and Fe from their standard solution and samples of waste water from leather factories.

Results showed that the percentage of removal efficiency of heavy metals like Fe , Cu , Cr , Pb , Zn and Cd in their standard solution when dates stone powder was used were 68.8% , 79.3% , 88.9% , 90% , 91.58% , and 92.2% , respectively . On the other hand, the percentage of removal efficiency of heavy metals from waste water of leather factory , when dates stone powder was used were 99.9% , 54.1% , 52.4% and 62.5% for Cr , Pb , Fe , and Zn , respectively.

Both date skin waste powder and tomatoes seed waste powder achieved the following removal efficiency percentages when they used on waste water from leather factory were 99.9% , 51.7% , 40.9% and 40% for Cr , Pb , Fe , and Zn when dates skin waste powder was used and were 98% , 48.8% , 55.9% and 41% when tomato skin powder was used . Both pH and temperature have a significant effects on the percentage of removal efficiency of heavy metals.

المقدمة

ان عملية التخلص من العناصر المعدنية الثقيلة كالرصاص والكادميوم والكروم وغيرها من المخلفات السائلة لبعض الصناعات كالاصباغ والبطاريات والجلود والصناعات النسيجية تعتبر من اهم المشاكل التي تواجهها هذه الصناعات (2 ، 6 ، 11 و 12) وذلك بالنظر لسمية هذه العناصر وتأثيراتها السلبية على صحة الانسان والبيئة (2 ، 3 ، 4 ، 6 و16) . وقد نبهت عدد من المنظمات الدولية الى خطورة هذه المركبات ، وقد اشارت منظمة الصحة الدولية (WHO) الى التأثير الخطير لمركبات الرصاص والكادميوم على صحة الانسان عند وجودها بتراكيز عالية في المياه والاغذية (3 ، 7 و 11).

ان وجود هذه المركبات وغيرها في مياه الصرف والمخلفات السائلة لبعض الصناعات يعتبر السبب الرئيسي لتلوث المياه وخصوصاً في المدن الكبرى . وقد حدثت العديد من حالات التسمم بالرصاص والكادميوم والكروم نتيجة لطرح هذه المركبات مع المخلفات السائلة دون معاملة في مياه الانهار (4 و 5). لذا فأن هناك حدود دولية مسموح بها لهذه المركبات في المخلفات السائلة التي يمكن طرحها في الانهار والمسطحات المائية ، وتختلف هذه النسب حسب نوع المخلفات والتشريعات الخاصة بالدول (1 ، 2 ، 7 ، 8 ، 9 و16).

*تاريخ استلام البحث 2006/3/14 ، تاريخ قبول البحث 2006/8/5

هناك طرق عديدة تستخدم للتخلص من هذه العناصر من المخلفات السائلة للمعامل اعتماداً على مبدأ قابلية الربط (Binding capacity) لهذه العناصر (9 ، 10 ، 12 و 13) ومن التقنيات المستخدمة في هذا المجال طريقة ترسيب هذه المركبات Precipitation) وطريقة التبادل الايوني(Ion exchange) وطريقة الامدصاص Adsorption . وقد استخدمت كل هذه الطرق وبنجاح لازالة او تقليل نسب العناصر الثقيلة من مياه الصرف الصناعية (2 ، 3 ،13و14و15و16و17). لغرض تحقيق هذه التقنيات تستعمل عدة مركبات كيميائية مثل (Polyelectrolyte) والتي تستعمل للتخلص من العناصر الثقيلة من مياه الصرف لمعامل النسيج ولكن مشكلة مثل هذه المركبات كونها لا تنتج محليا لذا كان التوجه الى استعمال مواد بديلة ذات كلفة اقتصادية قليلة كمخلفات الصناعات الزراعية(15). ولهذا فأن البحث يهدف الى استعمال مخلفات معامل الاغذية كمعامل الدبس ومخلفات معامل المعجون كبذور وقشور الطماطة كمواد بديلة بعد معاملتها لازالة العناصر المعدنية الثقيلة من المخلفات السائلة لبعض الصناعات وذلك لتوفر هذه المواد في العراق من جهة ولرخص ثمنها من جهة اخرى . اضافة الى سلامة استخدامها من الناحية الصحية والبيئية واثرها في خفض محتوى هذه العناصر الملوثة .

المواد وطرائق العمل

شمل البحث اخذ نماذج من المخلفات الصلبة من كل من معامل الدبس من نوى التمر المطبوخ وبثل التمر (المتكون اصلاً من القشور والالياف الاخرى) ومن كل من معامل الدبس في كربلاء والهندية . كما تم الحصول على مخلفات معامل معجون الطماطة المتكون من بذور الطماطة والقشور. تم غسل هذه المخلفات جيداً بالماء ثم جففت وذلك بتركها على درجة حرارة 30 م وحولت الى مسحوق بعد طحنها للحصول على هيئة حبيبات بحجم 700 – 900 مايكرون . وقد اجريت التجارب التالية :

اولاً – هيأت محاليل قياسية تحتوي على (50–100) جزء بالمليون من كل من العناصر الرصاص والكروم والزنك والنحاس والحديد والكادميوم بشكل منفصل. اضيف لكل من هذه المحاليل كل من مسحوق نوى التمر ، مسحوق بثل التمر ومسحوق بذور الطماطة وبنسب تراوحت بين 0.5% – 1% . ومزجت باستعمال المازج المغناطيسي (Magnetic stirrer) لمدة نصف ساعة ورشح بعدها المحلول وتم قياس تركيز العناصر المعدنية الثقيلة وهي الكروم والزنك والنحاس والحديد والكادميوم والرصاص باستعمال جهاز الطيف الذري Atomic absorption حيث اجري القياس مباشرة على المحاليل القياسية للعناصر المعدنية اما بالنسبة الى النماذج من المخلفات السائلة فقد تم اولاً هضم النموذج باستعمال حامض النتريك المركز لتحويل جميع العناصر المعدنية الى مركبات غير عضوية بعدها تم قياس العناصر المعدنية وذلك باستعمال الاطوال الموجية الخاص بكل عنصر والمصباح الخاص به وحسب الطريقة الموضحة في (1 ، 8) . اعيدت عملية الاضافة والقياس عدة مرات واخذ معدل القراءات .

ثانياً – تم دراسة تأثير كل من كمية المادة المضافة من المخلفات والاس الهيدروجيني ودرجة الحرارة ومدة المزج على نسب ازالة العناصر المعدنية من محاليها القياسية.

ثالثاً – جرب كل من مسحوق نوى التمر ومسحوق بثل التمر ومسحوق بذور الطماطة على المخلفات السائلة المستحصلة من معامل الجلود حيث تم قياس تراكيز العناصر الثقيلة باستعمال الطريقة الموضحة في (7) وتم قياس الاس الهيدروجيني بعدها تم اضافة كل من المساحيق الواردة ذكرها اعلاه كل على حدة وبنفس الطريقة المذكورة في اولاً وبعدها تم قياس العناصر المعدنية في المخلفات السائلة لمعامل الجلود بعد اضافة كل من مسحوق نوى التمر ومسحوق بثل التمر ومسحوق بذور الطماطة باستعمال جهاز الطيف الذري بحسب الطريقة (7) . وباتباع الخطوات المذكورة في اولا كما تم قياس الاس الهيدروجيني بعد الاضافة . واعيدت هذه الطريقة عدة مرات واخذ معدل القراءات.

كما اجريت عدداً من التجارب لبيان تأثير كل من العوامل التالية : 1– مدة الخلط ، 2– درجة الحرارة ، 3– كمية المادة المستعملة . وقد اظهرت التجارب ان افضل نسب ازالة قد تحققت عند حرارة 30 م الى 34 م وقوة خلط 30 دقيقة . واخيراً كان افضل نسب اضافة لكل من مسحوق نوى التمر ومسحوق بثل التمر ومسحوق بذور الطماطة كانت تتراوح بين 05% – 1%.

النتائج والمناقشة

يتبين من الجدول 1 ان مسحوق نوى التمر له قابلية كبيرة على خفض تراكيز كل من عنصر الكروم والزنك والنحاس والحديد والكادميوم والرصاص بنسب 88.92% و 91.58% و 79.32% و 68.8% و 92.26% و 90% على التوالي . كما

لوحظ من خلال الشكل 1 ان قيمة الاس الهيدروجيني له تأثير واضح على نسب الازالة حيث اختلفت هذه النسب باختلاف الاس الهيدروجيني حيث كانت اعلى ازالة لكل من عنصر الكروم والزنك قد تحقق في اس الهيدروجيني يتراوح بين 6–9 في حين ان اعلى ازالة لعنصر الرصاص قد تحققت في الاس الهيدروجيني يتراوح بين5–6.

اما بالنسبة الى عنصر الكادميوم فأن المحيط القاعدي قد حقق اعلى ازالة لها وقد بلغت 82.6% . وقد اكد عدد من الباحثين في مجال التخلص من العناصر الثقيلة من المخلفات السائلة ان الاس الهيدروجيني في الوسط له تأثير كبير على نسب الازالة للعناصر المعدنية وذلك بسبب تأثير الاس الهيدروجيني على قابلية الربط (Binding capacity) بين العناصر المعدنية والمادة المضافة Raisin)(13 (و14 و15و 16). لذا يلاحظ من خلال الجدول (1) والشكل (1) ان مسحوق نوى التمر له قابلية عالية على ازالة العناصر المعدنية من محاليلها القياسية . وقد يعود السبب في ذلك اما الى امدصاص هذه العناصر على جزيئات مسحوق نوى التمر او نتيجة للتبادل الايوني . وتاكدت ظاهرة الانخفاض الحاصل في الاس الهيدروجيني بعد اضافة مسحوق نوى التمر بالترشيح الافتراضي الثاني وهو التبادل الايوني (جدول 1) وذلك بسبب الربط الذي يحصل بين العناصر المعدنية ذات الشحنات في الوسط مع مسحوق نوى التمر يعمل كقانص لهذه العناصر مما يؤدي الى انخفاض الاس الهيدروجيني . وقد اكدت الدراسات السابقة ان التبادل الايوني يصاحبه انخفاض في الاس الهيدروجيني (13و17).

يبين الجدول 2 قابلية مسحوق بثل التمر على ازالة العناصر المعدنية الثقيلة من محاليلها القياسية حيث تراوحت هذه النسب بين 49.96% لعنصر الكروم الى 92.42 % لعنصر الرصاص . اما بالنسبة الى بقية العناصر فتقع مابين هاتين النسبتين . وعند مقارنة القيم في الجدول (2) مع الجدول (1) يظهر جلياً ان مسحوق بثل التمر اقل قابلية من مسحوق نوى التمر في ازالة كل من عنصر الكروم والزنك في حين كانت النسب الاخرى متقاربة. وقد اظهر الشكل 2 تأثير الاس الهيدروجيني على نسب الازالة عند استعمال مسحوق بثل التمر اذ كان افضل الاس الهيدروجيني حقق اعلى ازالة عند استعمال مسحوق بثل التمر تختلف عماهو عليه لمسحوق نوى التمر وذلك قد يعود الى الاختلاف في طبيعة التركيب الكيمياوي لكل من مسحوق نوى التمر عن مسحوق بثل التمر ومما قد يؤثر على نسب الازالة . فعلى سبيل المثال ان افضل نسبة ازالة لعنصر الكروم عند استعمال نوى التمر كان عند الاس الهيدروجيني يساوي 7.6 في حين كانت 6.5 عند استعمال مسحوق بثل التمر . كما اكدت النتائج في الشكل 2 ان التفاعل بين مسحوق بثل التمر والعناصر في المحاليل القياسية هو تبادل ايوني وذلك نتيجة لانخفاض الاس الهيدروجيني بعد التفاعل. هناك نقطة جديرة بالذكر وهي اللون الذي يعطيه مسحوق بثل التمر عند اضافته الى المحاليل القياسية للعناصر المعدنية وبقاء هذا اللون بعد الترشيح .

يوضح الجدول 3 نسب الازالة للعناصر المعدنية في محاليلها القياسية عند استعمال مسحوق بذور الطماطة اذ تراوحت هذه النسب بين 65% لعنصر الكروم و 94.4% للرصاص . وقد لوحظ ان نسب الازالة لعنصر الحديد والنحاس عالية مقارنة مع كل من المحاليل بعد استعمال مسحوق نوى التمر ومسحوق بثل التمر (الجدولين 1 و 2). كما ان الاس الهيدروجيني pH للمحاليل القياسية بعد اضافة مسحوق بذور الطماطة اقل (الجدول 3) ويعود السبب الى احتواء بذور الطماطة على نسب من حامض الستريك (13) الذي قد يؤدي الى انخفاض الاس الهيدروجيني من جهة ويساعد على زيادة التبادل الايوني لكل من عنصري النحاس والحديد من جهة اخرى (5) . وكماهو موضح في الشكل 3 والذي يبين تأثير الاس الهيدروجيني على نسب الازالة .

ولغرض التأكد من تأثير هذه المواد على المخلفات السائلة الصناعية استعملت كل من مسحوق نوى التمر ومسحوق مثل التمر ومسحوق بذور الطماطه متفرداً على المخلفات السائلة لمعمل الجلود والتي احتوت على نسب عالية من بعض العناصر المعدنية وخصوصاً الكروم والذي يعد من اهم المشاكل التي تواجه هذه الصناعة في التخلص منه (14) . وقد اوضحت النتائج في الجدول 4 ان نسب الازالة لعنصر الكروم عند استعمال مسحوق نوى التمر كان 99.95% و 99.93% لمسحوق بثل التمر و 98.6% لمسحوق بذور الطماطة . اما الرصاص فكانت 54.1% لمسحوق نوى التمر بلغ 51.7% لمسحوق بثل التمر و 49.3% لمسحوق بذور الطماطة وكانت اعلى نسبة ازالة لعنصر الحديد قد تحققت عند استعمال مسحوق بذور الطماطة وهي 55.9% مقارنة بالبقية وهذا يعود الى احتواء هذه البذور على نسب من

حامض الستريك التي تساعد على ازالة عنصر الحديد اثناء عمليات تصفية الزيوت النباتية (5).

كما اظهرت التجارب ان فعالية ازالة العناصر الثقيلة لكل من مسحوق نوى التمر ومسحوق بثل التمر ومسحوق بذور الطماطة كانت اعلى في محاليلها القياسية من نماذج من المخلفات السائلة لمعمل الجلود والسبب في ذلك يعود الى الاس الهيدروجيني حيث لوحظ ان 7.6 من المخلفات السائلة والذي لا يمثل افضل اس هيدروجيني بالنسبة الى مسحوق نوى التمر (الشكل 1) والشي نفسه بالنسبة الى مسحوق بثل التمر ومسحوق بذور الطماطة. الا ان نسب هذه العناصر في المخلفات السائلة بعد اضافة كل من مسحوق نوى التمر وبثل التمر وبذور الطماطة (الجدول 4) كان اقل من الحد المسوح بها (8) في المخلفات السائلة التي يمكن طرحها في النهر مما يعني ان كفاءة هذه المواد كانت عالية في ازالة العناصر المعدنية.

ان استخدام المخلفات لمعامل الاغذية كنوى التمر وبثل التمر وبذور الطماطة يمكن ان تكون افضل وسيلة للتخلص من العناصر المعدنية من المخلفات السائلة لبعض الصناعات الثقيلة اذ اثبتت التجارب فعاليتها من جهة كما ان رخصها وتوفرها من جهة اخرى تعد عاملاً مهماً في افضلية استخدامها.خلصت الدراسة الى امكانية استعمال بعض مخلفات الصناعات الغذائية مثل نوى ومثل التمر ومخلفات معامل معجون الطماطه في ازالة بعض العناصر الثقيلة من مياه الصرف الصناعية لمعامل الجلود وقد تتاثر نسب الازالة بدرجة الحراره والاس الهيدروجيني ونسبة المسحوق المضاف لاجراء التقنية

جدول 1. نسبة الازالة للعناصر المعدنية في محاليلها القياسية باستعمال مسحوق نوى التمر

نوع العنصر / نوع المعاملة	الكروم Cr	الزنك Zn	النحاس Cu	الحديد Fe	الكادميوم Cd	الرصاص Pb
التركيز الابتدائي للعنصر (جزء بالمليون)	50	100	50	50	50	50
التركيز النهائي للعنصر (بعد اضافة المسحوق) جزء بالمليون	5.54	8.42	10.34	15.6	3.87	5.00
الاس الهيدروجيني الابتدائي pH	7.6	8.5	8.5	8.5	10.5	6.00
الاس الهيدروجيني النهائي (بعد اضافة المسحوق) pH	6.00	6.00	6.00	7.7	7.5	5.2
نسبة الازالة (%)	88.92	91.58	79.32	68.8	92.26	90.0

جدول 2. نسبة الازالة للعناصر المعدنية في محاليلها القياسية باستعمال مسحوق بثل التمر

نوع العنصر / نوع المعاملة	الكروم Cr	الزنك Zn	النحاس Cu	الحديد Fe	الكادميوم Cd	الرصاص Pb
التركيز الابتدائي للعنصر (جزء بالمليون)	50	100	50	50	50	50
التركيز النهائي للعنصر (بعد اضافة المسحوق) جزء بالمليون	25.02	44.75	6.55	11.5	8.6	2.88
الاس الهيدروجيني الابتدائي pH	6.5	8.5	10.5	10.5	9.5	10.5
الاس الهيدروجيني النهائي (بعد اضافة المسحوق) pH	6	6.6	5.1	8.8	6.2	5.6
نسبة الازالة (%)	49.96	55.25	86.9	77	82.8	92.42

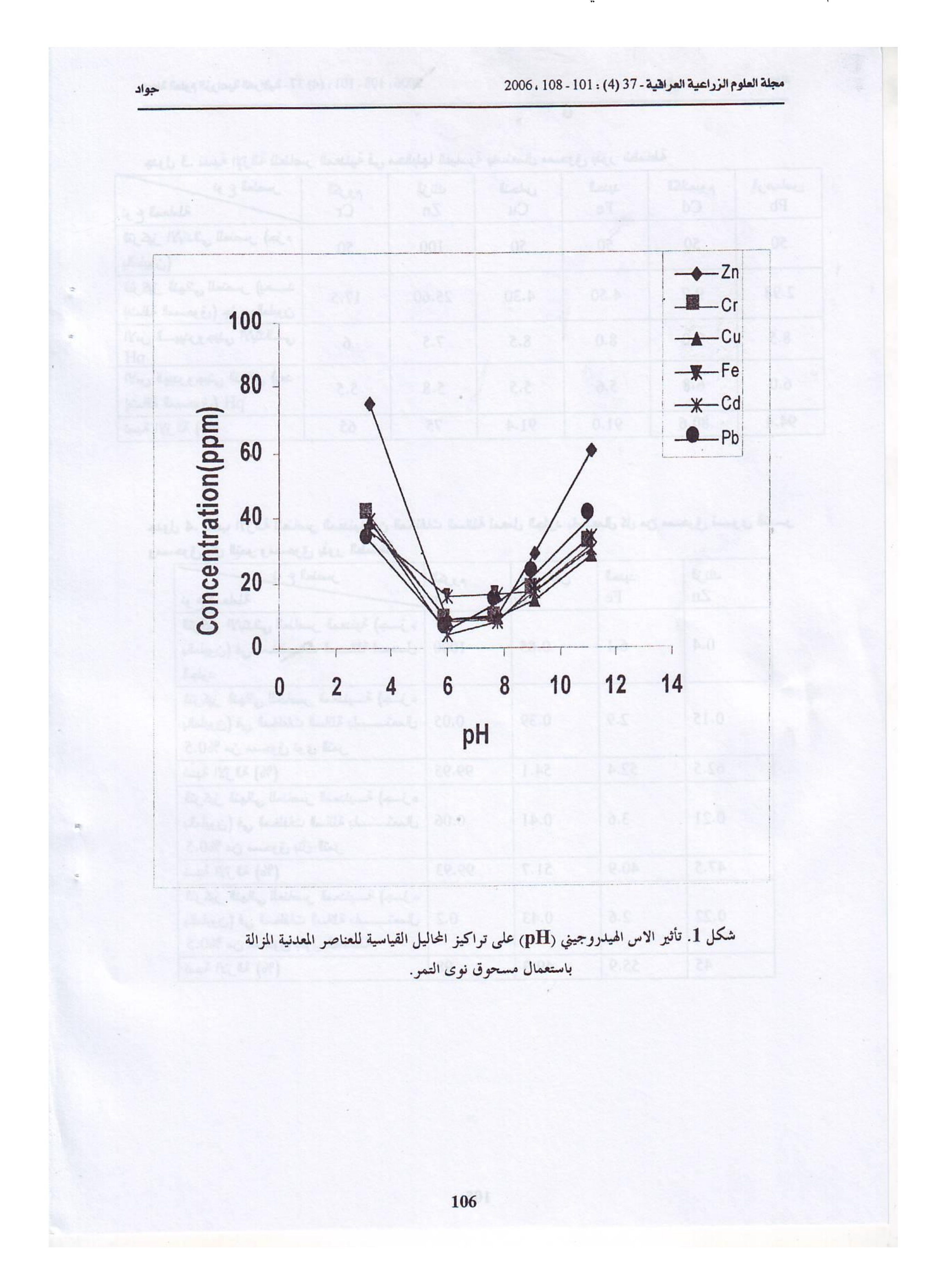
مجلة العلوم الزراعية العراقية - 37 (4) : 101 - 108 ، 2006 جواد

جدول 3. نسبة الإزالة للعناصر المعدنية في محاليلها القياسية باستعمال مسحوق بذور الطماطة

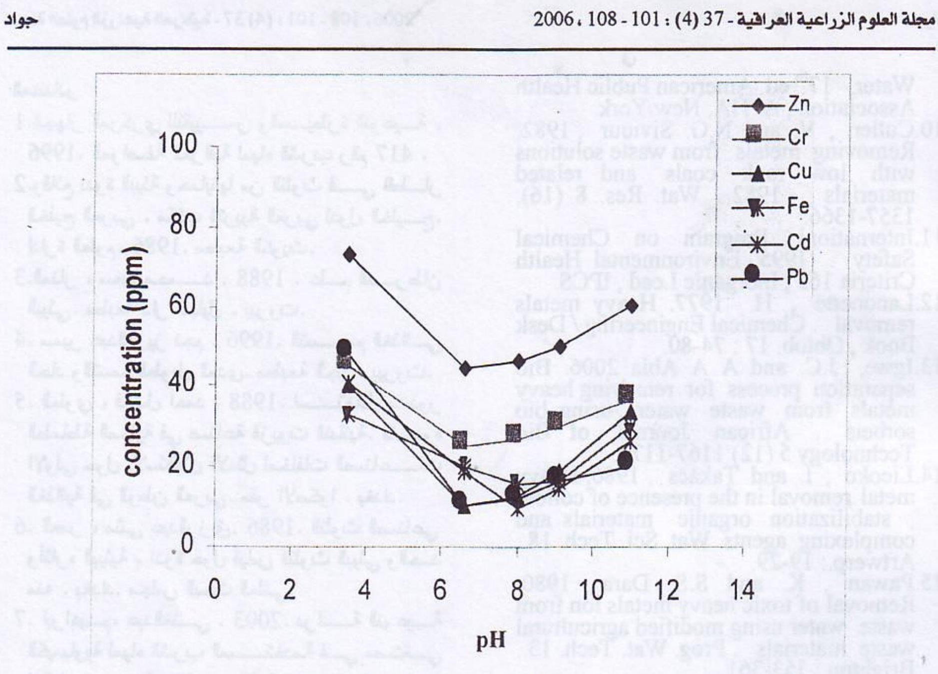
نوع العنصر / نوع المعاملة	الكروم Cr	الزنك Zn	النحاس Cu	الحديد Fe	الكادميوم Cd	الرصاص Pb
التركيز الابتدائي للعنصر (جزء بالمليون)	50	100	50	50	50	50
التركيز النهائي للعنصر (بعد إضافة المسحوق) جزء بالمليون	17.5	25.60	4.30	4.50	9.7	2.98
الاس الهيدروجيني الابتدائي pH	6	7.5	8.5	8.0	9.0	8.5
الاس الهيدروجيني النهائي (بعد إضافة المسحوق) pH	5.5	5.8	5.5	5.6	6.8	6.0
نسبة الإزالة (%)	65	75	91.4	91.0	80.6	94.4

جدول 4. نسب الازالة للعناصر المعدنية من المخلفات السائلة لمعمل الجلود باستعمال كل من مسحوق نوى التمر ومسحوق بثل التمر ومسحوق بذور الطماطة

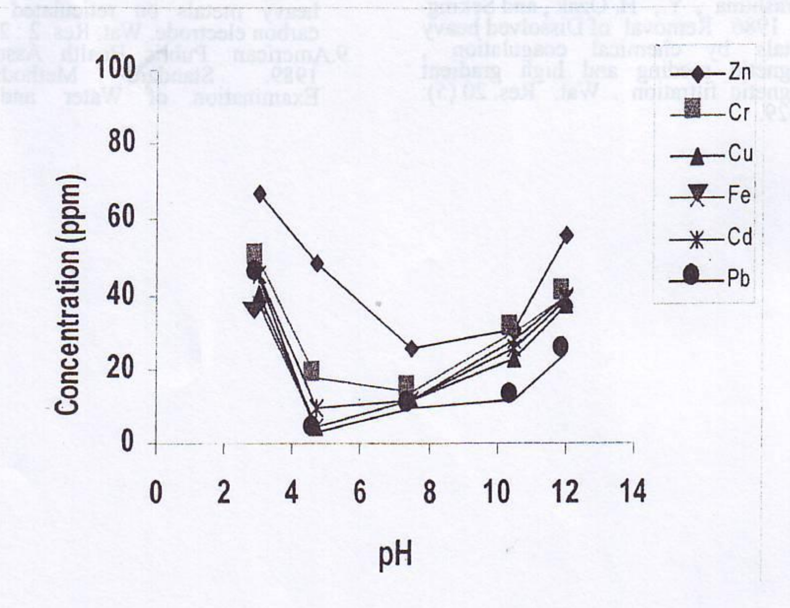
نوع العنصر / نوع المعاملة	الكروم Cr	الرصاص Pb	الحديد Fe	الزنك Zn
التركيز الابتدائي للعناصر المعدنية (جزء بالمليون) في المخلفات السائلة لمعمل الجلود	1000	0.85	6.1	0.4
التركيز النهائي للعناصر المعدنية (جزء بالمليون) في المخلفات السائلة باستعمال 0.5% من مسحوق نوى التمر	0.05	0.39	2.9	0.15
نسبة الازالة (%)	99.95	54.1	52.4	62.5
التركيز النهائي للعناصر المعدنية (جزء بالمليون) في المخلفات السائلة باستعمال 0.5% من مسحوق بثل التمر	0.06	0.41	3.6	0.21
نسبة الازالة (%)	99.93	51.7	40.9	47.5
التركيز النهائي للعناصر المعدنية (جزء بالمليون) في المخلفات السائلة باستعمال 0.5% من مسحوق بذور الطماطة	0.2	0.43	2.6	0.22
نسبة الازالة (%)	98	49.3	55.9	45



شكل 1. تأثير الاس الهيدروجيني (pH) على تراكيز المحاليل القياسية للعناصر المعدنية المزالة باستعمال مسحوق نوى التمر.



شكل 2. تأثير الاس الهيدروجيني (pH) على تراكيز المحاليل القياسية للعناصر المعدنية المزالة باستعمال مسحوق بثل التمر.



شكل 3. تأثير الاس الهيدروجيني (pH) على تراكيز المحاليل القياسية للعناصر المعدنية المزالة باستعمال مسحوق بذور الطماطة.

مجلة العلوم الزراعية العراقية - 37 (4) : 101 - 108 ، 2006

المصادر

1. الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية . 1996. المواصفة العراقية لمياه الشرب رقم 417 .
2. وقائع ندوة البيئة وحمايتها من التلوث في اقطار الخليج العربي . مكتب التربية العربي لدول الخليج. ادارة العلوم. 1986. مطبعة الكويت.
3. المنار ، سعيد محمد . 1988 . علم السرطان البيئي. مطبعة دار الجليل . بيروت.
4. سمير عبدالعزيز نجم . 1996. التسمم الغذائي الحاد والتسمم الطويل المدى. مطبعة الجيل. بيروت.
5. العلوي ، فاضل احمد . 1988. استغلال بذور الطماطة المحلية في صناعة الزيوت النباتية. الندوة الاولى حول الاستغلال الامثل لمخلفات الصناعات الغذائية في الوطن العربي. مقر الاسكوا . بغداد.
6. العمر ، مثنى عبدالرزاق. 1986. التلوث الصناعي وآثاره البيئية . ندوة حول قياس التلوث البيئي والحد منه . بغداد. مجلس البحث العلمي.
7. ابراهيم، عبدالغني . 2003. دراسة النوعية الكيمياوية لمياه الشرب المستخدمة في مصنعي للالبان في مدينة بغداد. مجلة البحوث الزراعية العراقية. 34 (6) : 229-203.
8. Agarwal , I.C., A.N. Rochon , and H.D. Gesser , 1986. Electrode position of six heavy metals on reticulated vitreous carbon electrode. Wat. Res. 2 : 227-232.
9. American Public Health Association. 1989. Standard Methods for Examination of Water and Waste Water. 17th ed. American Public Health Association , APHA, New York.
10. Cullen , V. and N.G. Siviour , 1982. Removing metals from waste solutions with low rank coals and related materials . 1982. Wat. Res. 8 (16): 1357-1366.
11. Internationl Program on Chemical Safety . 1995. Environmental Health Criteria 165 , Inorganic Lead , IPCS.
12. Lanonette , H. 1977. Heavy metals removal . Chemical Engineering / Desk Book , Obtob. 17 : 74-80.
13. Igwe, J.C. and A A Abia 2006. Bio separation process for removing heavy metals from waste water using bio sorbets . African Journal of Bio Technology 5 (12):1167-1179.
14. Licoko , I. and Takacs . 1986. Heavy metal removal in the presence of colloid , stabilization organic materials and complexing agents. Wat. Sci. Tech. 18 . Artwerp.: 19-29.
15. Pawan , K. and S.S. Dara , 1980. Removal of toxic heavy metals ion from waste water using modified agricultural waste materials . Prog. Wat. Tech. 13 . Brighton : 353-361.
16. Pier , S.M. and K.M. Bang , 1980. The role of heavy metals in human health. In Environmental Health . Trieff. N.M. (ed.) 367-400.
17. Terashima , Y., H. Ozak , and Seking. M. 1986. Removal of Dissolved heavy metals by chemical coagulation , magnetic seeding and high gradient magnetic filtration . Wat. Res. 20 (5): 22-29.